

ANALISIS NERACA AIR SUNGAI KINALI DI TITIK BENDUNG KINALI ONGKAG KABUPATEN BOLAANG MONGONDOW

Muhamad Ervan Mokobombang

Jeffry S. F. Sumarauw, Lambertus Tanudjaja

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : ervanmokobombang@gmail.com

ABSTRAK

DAS Kinali terletak di Desa Tanoyan Selatan merupakan salah satu daerah irigasi yang berada di Kabupaten Bolaang Mongondow yang sedang dikembangkan untuk lahan pertanian tanaman pangan. Pertumbuhan jumlah penduduk yang menyebabkan meningkatnya kebutuhan air juga pembangunan di berbagai sektor yang memberikan dampak pada berkurangnya daerah resapan air menjadi faktor yang harus diperhatikan. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan Analisis Neraca Air untuk melihat keseimbangan antara Ketersediaan dan Kebutuhan air di DAS Kinali sekarang ini hingga beberapa tahun ke depan.

Analisis neraca air dilakukan dengan menganalisa ketersediaan air di DAS Kinali menggunakan metode NRECA (National Rural Electric Cooperative Association) untuk mencari debit andalan 80% (Q_{80}). Kebutuhan Air Irigasi dihitung untuk jenis padi varietas unggul berdasarkan koefisien tanaman padi dari FAO (1977) dan untuk Kebutuhan Air Bersih dihitung berdasarkan kriteria perencanaan air bersih Ditjen Cipta Karya Dinas PU (1997) hingga 20 tahun ke depan.

Dari hasil analisis, neraca air untuk kebutuhan lahan irigasi fungsional dan air bersih saat ini masih terdapat defisit air pada bulan-bulan tertentu seperti pada bulan Januari II, Maret II, Mei II, Juli I, Agustus I, September dan Oktober, dimana defisit mencapai $0,436 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada bulan September. Apabila menggunakan seluruh lahan potensial yang ada untuk saat ini hingga 20 tahun ke depan, ketersediaan air sudah tidak lagi mencukupi untuk memenuhi kebutuhan air di daerah ini.

Kata Kunci : DAS Kinali, Metode Nreca, Lahan Irigasi Fungsional

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok dari manusia. Air dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari ataupun dalam usaha peningkatan kesejahteraan manusia, misalnya untuk kebutuhan industri, niaga, peternakan, serta di bidang pertanian untuk kepentingan irigasi.

Neraca air merupakan suatu perbandingan antara potensi ketersediaan air dengan kebutuhan air di suatu tempat dalam periode tertentu. Adanya studi analisis neraca air dapat diketahui apakah jumlah air tersebut mengalami kelebihan (surplus) atau mengalami kekurangan (defisit). Dengan mengetahui kondisi surplus ataupun defisit yang ada, maka pemanfaatan dari air dapat diatur sebaik-baiknya.

Sungai Kinali yang terletak di Desa Tanoyan Selatan Kecamatan Lolayan Kabupaten Bolaang Mongondow, merupakan

sumbu utama dalam memenuhi kebutuhan air di daerah sekitarnya. Potensi air sungai ini banyak digunakan untuk mengairi kawasan irigasi di daerah tersebut, maka kebutuhan air di DAS Kinali akan terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, sementara itu ketersediaan air di sungai Ongkag akan mengalami penurunan. Meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan di berbagai sektor adalah faktor yang mengakibatkan penurunan tersebut, yang berujung pada semakin berkurangnya daerah-daerah resapan air di DAS Kinali.

Berdasarkan hal di atas maka dibutuhkan adanya suatu studi neraca air untuk melihat bagaimana keseimbangan antara ketersediaan air di sungai Kinali dan kemungkinan penggunaan serta kebutuhan air di masa mendatang untuk daerah irigasi Tanoyan Selatan dan daerah sekitarnya, agar nantinya kebutuhan air di daerah sekitar

sungai tersebut dapat selalu terpenuhi dengan baik dari waktu ke waktu.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian neraca air ini adalah sebagai berikut :

1. Pelayanan Irigasi yang tidak secara maksimal;
2. Potensi terjadinya penurunan/defisit air pada daerah layanan;
3. Ketersediaan air di DAS Kinali dengan Kebutuhan di Daerah Irigasi Tanoyan Selatan yang belum terencana.

Pembatasan Masalah

1. Analisis dilakukan untuk mendapatkan debit andalan, dengan lokasi yang akan ditinjau adalah Sungai Kinali di titik Bendung Kinali Ongkag desa Tanoyan Selatan;
2. Analisis ketersediaan dan kebutuhan air diprediksikan hingga tahun 2036;

Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui keseimbangan air antara *supply* dan *demand* yang ada di DAS Kinali.

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian dalam tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk mengatur kebutuhan irigasi di desa Tanoyan Selatan agar lebih *optimal* di masa mendatang sehingga kebutuhan akan air di daerah ini akan selalu dapat terpenuhi dari tahun ke tahun.

TINJAUAN PUSTAKA

Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi merupakan sirkulasi air yang tidak pernah berhenti dari atmosfer - bumi - atmosfer melalui kondensasi , presipitasi, transpirasi dan evaporasi. Kunci proses hidrologi ialah pemanasan air laut oleh panas sinar matahari, proses ini terjadi berjalan secara terus menerus.

Presipitasi

Presipitasi adalah proses mencairnya awan akibat pengaruh suhu udara yang tinggi, pada proses inilah hujan terjadi. Presipitasi meliputi semua air yang jatuh dari atmosfer ke atas permukaan bumi berupa

kabut, embun, hujan, hujan salju, ataupun hujan es.

Evapotranspirasi Metode Penman-Monteith

Definisi dan pengertian dari evapotranspirasi adalah gabungan dari peristiwa evaporasi dan transpirasi, yang berlangsung bersama-sama. Evapotranspirasi merupakan proses cuaca yang sangat penting dalam perencanaan persediaan air dan dalam perhitungan neraca air dan produksi air juga siklus hidrologis dari suatu wilayah atau DAS.

Penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan menurut metode Penman-Monteith memerlukan data iklim. Data iklim tersebut adalah :

- 1) Suhu udara rata-rata dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$);
- 2) Kelembaban relatif rata-rata dalam persen (%);
- 3) Kecepatan angin rata-rata dalam satuan meter per detik (m/s);
- 4) Lama penyinaran matahari dalam satu hari yang dinyatakan dengan satuan jam atau dalam persentase n/N (%);

Pengolahan data cuaca untuk melakukan penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman-Monteith perlu dilakukan mengingat pencatatan data di lapangan yang berbeda-beda.

Penghitungan evapotranspirasi tanaman acuan dengan metode Penman-Monteith (Monteith, 1965) adalah :

$$ET_o = \frac{0,408\Delta R_n + \gamma \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0,34U_2)} \quad (1)$$

dengan pengertian :

ET_o adalah evapotranspirasi tanaman acuan, (mm/hari);

R_n adalah radiasi matahari netto di atas permukaan tanaman, ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$);

T adalah suhu udara rata-rata, ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 adalah kecepatan angin pada ketinggian 2 m dari atas permukaan tanah, (m/s);

e_s adalah tekanan uap air jenuh, (kPa);

e_a adalah tekanan uap air aktual, (kPa);

Δ adalah kemiringan kurva tekanan uap air terhadap suhu, ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$);

γ adalah konstanta psikrometrik, ($\text{kPa}/^{\circ}\text{C}$);

Daerah Aliran Sungai

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Sungai terbentuk dari erosi yang terjadi akibat air yang mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah. Seluruh daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam sungai yang dimaksudkan disebut Daerah Aliran Sungai (DAS).

Teori Perbandingan DAS

Pemodelan perbandingan DAS dapat digunakan untuk mengisi data-data yang hilang ataupun tidak tersedia. Teori ini bisa digunakan apabila letak titik pemodelan ada pada DAS yang sama dengan titik data terukur. Nantinya dengan menggunakan perbandingan luas DAS titik terukur dan luas DAS titik pemodelan, dapat dihitung data-data yang hilang ataupun tidak tersedia ini. Sebagai contoh untuk mencari data debit pada suatu titik pemodelan, dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{model} = \frac{Q_{observed} \times A_{model}}{A_{observed}} \quad (2)$$

Dengan :

Q_{model} = Debit yang akan dimodelkan

$Q_{observed}$ = Debit terukur/tersedia

A_{model} = Luas DAS titik data pemodelan

$A_{observed}$ = Luas DAS titik data terukur

Persamaan Dasar Model NRECA

Persamaan dasar keseimbangan air yang digunakan pada metode NRECA adalah sebagai berikut :

$$RO = Rb - AE + \Delta S \quad (3)$$

Dengan :

RO = Run Off / Aliran Permukaan

Rb = Precipitation / Presipitasi

AE = Actual Evaporation

ΔS = Delta Storage

Kalibrasi Model

a. Kalibrasi

Hasil analisis debit metode NRECA tidak dapat langsung digunakan karena hasilnya masih diragukan, sehingga diperlukan langkah kalibrasi model untuk mengetahui kelayakan dan ketepatan data tersebut. Langkah-

langkah untuk melakukan kalibrasi model adalah sebagai berikut :

1. Mencoba nilai parameter PSUB dan GWF (parameter sensitifitas tinggi) serta mencoba nilai parameter C, Storage, GWS, serta CROPF hingga bisa didapat nilai perbedaan debit analisis dan debit terukur yang minimum
2. Mencoba nilai bobot pengaruh stasiun hujan (jika terdapat lebih dari 1 stasiun hujan dalam DAS).
3. Tidak memasukkan data debit terukur untuk bulan-bulan yang penyimpangan debit analisis dan debit terukurnya sangat besar.

1) Koefisien Determinasi (r^2)

Uji Koefisien Determinasi digunakan untuk menilai tingkat kemiripan model hidrologi antara hasil debit analisis dan debit terukur. Dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$r^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (QO_i - \overline{QO})(QP_i - \overline{QP})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (QO_i - \overline{QO})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (QP_i - \overline{QP})^2}} \right)^2 \quad (5)$$

Dengan :

r^2 = Nilai uji Koefisien Determinasi

QO = Debit terukur

QP = Debit analisis

Nilai uji Koefisien Determinasi (r^2) berkisar antara $-\infty$ sampai 1. Jika nilainya adalah 1 ($r = 1$) menandakan bahwa data analisis dan data terukur sangatlah mirip. Pada dasarnya, jika nilai Koefisien Determinasi (r^2) mendekati 1 maka semakin akurat data debit analisis.

2). Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

Uji Nash-Sutcliffe Efficiency Digunakan untuk menilai kekuatan prediksi dari model debit hidrologi yang menggambarkan akurasi model. Dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - Q_{model,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \overline{Q_{obs}})^2} \quad (6)$$

Dengan :

NSE = Nilai uji Nash-Sutcliffe Efficiency

QO = Debit terukur

QP = Debit analisis

Analisis Debit Andalan

Debit andalan adalah debit minimum sungai yang dipengaruhi oleh nilai probabilitas. Untuk perencanaan irigasi, debit andalan yang akan dihitung sebesar 80%,

yang artinya debit tersebut mempunyai kemungkinan akan terjadi sebesar 80% dan tidak terpenuhi sebesar 20%.

Tingkat keandalan debit dihitung berdasarkan nilai probabilitas kejadian mengikuti rumus Weibull sebagai berikut :

$$P(\%) = \frac{m1}{n+1} \times 100\% \quad (7)$$

Dengan :

$P(\%)$ = Probabilitas terjadinya kumpulan nilai yang akan diharapkan selama periode pengamatan (%)

$m1$ = Nomor urut data

n = Jumlah data

Perhitungan dilakukan dengan mengurutkan semua data hujan pada semua tahun pengamatan pada bulan yang sama dengan data yang paling besar pada nomor urut 1 sampai data yang paling kecil pada nomor urut terakhir. Kemudian dicari nilai debit pada probabilitas 80%, jika diperlukan bisa dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai antara.

Analisis Kebutuhan Air Baku

Air merupakan kebutuhan bagi manusia. Semua makhluk membutuhkan air dalam kehidupannya, sehingga tanpa air dapat dipastikan tidak ada kehidupan. Kebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia meliputi :

- Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari.
- Kebutuhan air non domestik yaitu kebutuhan air di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain :
 1. Penggunaan komersil dan industri yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersil dan industri.
 2. Penggunaan umum yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sekolah, dan tempat ibadah.

Kebutuhan air sangat berkaitan dengan jumlah penduduk. Semakin besar jumlah penduduk maka semakin besar pula kebutuhan air yang diperlukan. Dalam menganalisis kebutuhan air bersih maka perlu menghitung jumlah penduduk.

Analisis Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu : Perkolasi (p), Curah hujan efektif (Re), Areal tanam sawah (As), Penggunaan air konsumtif (Etc), Pergantian lapisan air; (WLR), dan Efisiensi. Sedangkan tahapan perhitungan kebutuhan air irigasi dibagi atas 2 tahapan, yaitu :

1. Kebutuhan air selama penyiapan lahan.
2. Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman.

Analisis Neraca Air

Neraca air merupakan kesetimbangan antara ketersediaan air dan kebutuhan air. Persamaan yang dapat digunakan adalah sebagai berikut :

$$Neraca\ Air = Ketersediaan - Kebutuhan \quad (8)$$

Jika hasil neraca air positif, menandakan terdapat kelebihan air sedangkan jika neraca air negatif, menandakan terjadi kekurangan air di lokasi yang diteliti.

METODOLOGI PENELITIAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Sungai Kinali merupakan sungai yang terletak di desa Tanoyan Selatan, Kecamatan Lolayan, Kabupaten Bolaang Mongondow. Batas dari Desa Tanoyan Selatan sebagai berikut:

- | | |
|----------------|----------------------|
| Bagian Utara | : Desa Tanoyan Utara |
| Bagian Selatan | : Desa Mopusi |
| Bagian Barat | : Pegunungan |
| Bagian Timur | : Desa Bakan |

Daerah Aliran Sungai Kinali memiliki luas *catchment* sebesar 27,465 Km². Topografi di daerah DAS Kinali ini beragam, ada yang berupa daerah dataran, lembah dan juga perbukitan.

Jalannya Penelitian

Setelah dilakukan survey lokasi penelitian dan pengumpulan data maka penelitian dilanjutkan dengan menganalisis data yang telah diperoleh. Proses analisis dengan menggunakan metode empiris ini meliputi :

- Analisis Ketersediaan Air, dengan menggunakan pendekatan model Nreca.
- Analisis Kebutuhan Air, dalam hal ini merupakan kebutuhan irigasi dan air baku.

- Analisis Neraca Air, dengan membandingkan hasil analisis ketersediaan air dengan analisis kebutuhan air.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Analisis Curah Hujan

Terdapat 3 stasiun yang berada dekat dengan DAS kinali, yaitu MRG Pusian, MRG Konarom dan MRG Moayat. Karena kurangnya data pada MRG Pusian dan MRG Konarom maka data curah hujan yang digunakan untuk penelitian ini adalah data curah hujan MRG Moayat.

Tabel 1
Curah Hujan MRG Moayat 2003-2014

		MRG Moayat (m ³ /det)											
Bln	Per	Tahun											
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Jan	I	29,4	43,5	92,6	97,4	164,9	25,6	26,6	27	72,8	36,7	28,4	22,3
	II	24,3	83,6	16	38,8	243,8	186,9	61,1	0	125,8	73	67,9	17,3
Feb	I	56,4	24	97,5	47,8	277,1	101,6	34,2	0	58,8	21,9	63,2	18,9
	II	15,7	19,5	45,8	109,8	127,6	39,7	76,2	0	58,4	78,8	32,5	5,7
Mar	I	88,8	40,7	30,8	45,5	65	134,5	47,9	0	94	51,2	1,6	9,7
	II	228,9	30,2	94,9	76,3	190,1	110,5	63,5	44,3	95,3	42,3	81,8	42,8
Apr	I	161,2	73,3	81,6	135	21,7	176,9	90,5	55,6	50,9	126,1	34,1	37,9
	II	52,5	162,1	27,8	61,8	202,5	169,1	137,8	88,1	50,6	124,9	162,8	17,4
Mei	I	133,7	32,1	91,9	36,7	152	76,2	145,4	86,2	130,5	52,4	76,4	26,3
	II	31,2	45,2	58,3	73,2	29,4	53,1	172,5	21,2	48,5	72,9	25,2	56
Juni	I	0	84,1	52,9	28,9	115,3	78,8	103,6	20,2	71,2	76	54,9	60,9
	II	109,3	2,2	112,5	50,7	171,6	109,1	64,1	31,3	38,4	31,3	40,5	76,3
Juli	I	152,4	57,1	55,4	12,5	16,3	170,1	0	20,3	1,7	101,8	83,3	48,8
	II	41,1	28	22,2	11,6	281,1	210,5	5,2	76,4	30	137,1	42,3	20,7
Agu	I	25	0	0	0	114,4	269,6	0	57	4,4	1,9	13,9	132,6
	II	116,7	0	34,1	21,7	200,6	35,3	27,5	5,5	19,4	49,6	25,8	60,9
Sept	I	5,1	22,9	5,2	64,5	16,3	74,3	0	54,2	37,3	7,3	40,9	6,5
	II	12,3	6,6	90	17,7	47,6	122,1	0	33,4	34,5	12,5	11,3	5
Okt	I	53	0	6,3	0	81,7	77,5	49,8	26	31,7	13,2	14	0
	II	7,2	12,3	143,2	0	298,7	116,7	78,7	62,2	8,8	6	54,1	47,7
Nov	I	42,9	87,6	85,7	50,2	309,6	42,1	30,3	43,5	74	76,22	37,2	8,8
	II	60	39	33,3	86,3	126,9	22,6	39,1	55,5	103,9	76,7	48,5	25,7
Des	I	105,8	67,1	30,8	127,4	104,1	72,1	56,2	55,9	59,4	94,1	57,2	41,4
	II	54,8	97,9	91,5	144,5	135,1	13,2	21,3	56,3	41,8	125,3	20,5	47,9

Analisis Data Debit

Tabel 2
Data Debit Tahun 2010 SG Pusian-Pusian (m³/det)

Bln/Per	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
I	18,26	17,03	14,31	14,74	31,35	23,07	19,93	46,26	29,89	25,80	33,49	44,91
II	18,45	15,13	15,93	21,33	29,85	32,77	29,22	31,28	24,00	30,38	27,12	37,66

Tabel 3
Data debit hasil kalibrasi perbandingan luas Sungai Kinali Tahun 2010 (m³/detik)

Bln/Per	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
I	6,35	5,92	4,97	5,12	10,90	8,02	6,93	16,08	10,39	8,97	11,64	15,61
II	6,41	5,26	5,54	7,42	10,38	11,39	10,16	10,88	8,35	10,56	9,43	13,09

Analisis Data Klimatologi

Tabel 4
Hasil perhitungan nilai Evapotranspirasi Penman-Monteith (ET₀) (mm/det)

Bln/Per	Jan	Feb	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des
I	1,626	1,793	2,662	1,263	1,217	1,481	1,234	0,603	1,643	1,834	1,589	0,967
II	1,551	1,337	2,125	1,428	1,257	1,245	0,706	1,790	1,479	2,177	1,526	0,898

Analisis Ketersediaan Air

Tabel 5
Perhitungan Metode Nreca Tahun 2014
Periode Januari-Mei

DAS Kinali	Satuan	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
Step		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
n	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Rb	mm	22,30	17,30	18,90	5,70	9,70	42,80	37,90	17,40	26,30	56,00	60,90	76,30
ETP	mm	24,39	23,26	26,89	20,05	39,93	31,87	18,94	21,42	18,26	18,86	22,22	18,67
Soil Moisture Storage	mm	600,00	598,40	594,53	589,24	578,88	557,44	559,41	562,82	559,8	561,32	568,00	574,58
W1 = (4) / Nominal	-	1,47	1,47	1,46	1,44	1,42	1,36	1,37	1,38	1,37	1,37	1,39	1,41
Rb / ETP = (2)/(3)	-	0,91	0,74	0,70	0,28	0,24	1,34	2,00	0,81	1,44	2,97	2,74	4,09
Ratio AET/ETP	-	0,98	0,91	0,90	0,80	0,78	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
AET = (7) - (3)	mm	23,90	21,17	24,20	16,04	31,14	31,87	18,94	20,35	18,26	18,86	22,22	18,67
Neraca Air = (2) - (8)	mm	-1,60	-3,87	-5,30	-10,34	-21,44	10,93	18,96	-2,95	8,04	37,14	38,68	57,63
Excess Moisture Ratio	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,82	0,00	0,82	0,82	0,83	0,87
Excess Moisture = (10) - (4)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,96	15,55	0,00	6,60	30,45	32,11	50,14
Delta Storage = (9) - (11)	mm	-1,60	-3,87	-5,30	-10,34	-21,44	1,97	3,41	-2,95	1,45	6,68	6,58	7,49
Recharge GW = P1 - (11)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,48	7,77	0,00	3,30	15,23	16,05	25,07
Begin GW Storage	mm	2,00	1,00	0,50	0,25	0,13	0,06	2,27	5,02	2,51	2,90	9,07	12,56
GW Storage = (13) +	mm	2,00	1,00	0,50	0,25	0,13	4,54	10,04	5,02	5,81	18,13	25,12	37,63
GW Flow = P2 - (15)	mm	1,00	0,50	0,25	0,13	0,06	2,27	5,02	2,51	2,90	9,07	12,56	18,81
Direct Flow = (11) - (15)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,48	7,77	0,00	3,30	15,23	16,05	25,07
Total Flow = (17) + (16)	mm	1,00	0,50	0,25	0,13	0,06	6,75	12,80	2,51	6,20	24,29	28,61	43,88
Total Flow	m ³ /det	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,13	0,27	0,05	0,13	0,48	0,61	0,93
Debit Terukur	m ³ /det	0,50	0,44	0,42	0,40	0,36	0,41	0,40	0,61	0,74	1,42	1,09	0,70
Selish = (20) - (19)	m ³ /det	0,48	0,43	0,42	0,40	0,36	0,28	0,13	0,56	0,61	0,94	0,49	-0,23

Tabel 6
Perhitungan metode Nreca tahun 2014 Periode Juni-Desember

DAS Kinali	Satuan	Juli		Agustus		September		Oktober		November		Desember	
Step		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
n	hari	15	16	15	16	15	15	15	16	15	15	15	16
Rb	mm	48,80	20,70	132,60	60,90	6,50	5,00	0,00	47,70	88,00	25,70	41,40	47,90
ETP	mm	18,50	10,59	9,05	26,84	24,64	22,18	27,51	32,65	23,83	22,90	14,50	13,48
Soil Moisture Storage	mm	582,07	585,71	586,92	601,73	605,49	592,28	579,98	560,45	563,16	574,39	574,75	578,25
W1 = (4) / Nominal	-	1,43	1,43	1,44	1,47	1,48	1,45	1,42	1,37	1,38	1,41	1,41	1,42
Rb / ETP = (2)/(3)	-	2,64	1,95	14,65	2,27	0,26	0,23	0,00	1,46	3,69	1,12	2,86	3,55
Ratio AET/ETP	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,78	0,71	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
AET = (7) - (3)	mm	18,50	10,59	9,05	26,84	19,71	17,30	19,53	32,65	23,83	22,90	14,50	13,48
Neraca Air = (2) - (8)	mm	30,30	10,11	123,55	34,06	-13,21	-12,30	-19,53	15,05	64,17	2,80	26,90	34,42
Excess Moisture Ratio	-	0,88	0,88	0,88	0,89	0,00	0,00	0,00	0,82	0,83	0,87	0,87	0,87
Excess Moisture = (10) - (4)	mm	26,66	8,90	108,72	30,31	0,00	0,00	0,00	12,34	52,94	2,44	23,40	29,95
Delta Storage = (9) - (11)	mm	3,64	1,21	14,83	3,75	-13,21	-12,30	-19,53	2,71	11,23	0,36	3,50	4,48
Recharge GW = P1 - (11)	mm	13,33	4,45	54,36	15,16	0,00	0,00	0,00	6,17	26,47	1,22	11,70	14,97
Begin GW Storage	mm	18,81	16,07	10,26	32,31	23,73	11,87	5,93	2,97	4,57	15,52	8,37	10,04
GW Storage = (13) +	mm	32,14	20,52	64,62	47,47	23,73	11,87	5,93	9,14	31,04	16,74	20,07	25,01
GW Flow = P2 - (15)	mm	16,07	10,26	32,31	23,73	11,87	5,93	2,97	4,57	15,52	8,37	10,04	12,51
Direct Flow = (11) - (15)	mm	13,33	4,45	54,36	15,16	0,00	0,00	0,00	6,17	26,47	1,22	11,70	14,97
Total Flow = (17) + (16)	mm	29,40	14,71	86,67	38,89	11,87	5,93	2,97	10,74	41,99	9,59	21,74	27,48
Total Flow	m ³ /det	0,62	0,29	1,84	0,77	0,25	0,13	0,06	0,21	0,89	0,20	0,46	0,55
Debit Terukur	m ³ /det	0,55	0,46	4,38	1,17	0,53	0,41	0,31	0,31	0,52	0,41	0,42	0,33
Selish = (20) - (19)	m ³ /det	-0,07	0,16	2,55	0,40	0,28	0,28	0,25	0,10	-0,37	0,20	-0,04	-0,22

Kalibrasi Model

Data dasar yang nantinya diperlukan untuk menghitung kalibrasi model NRECA pada tahun 2014 disajikan dalam tabel 7.

Tabel 7
Parameter-parameter dalam menghitung kalibrasi model

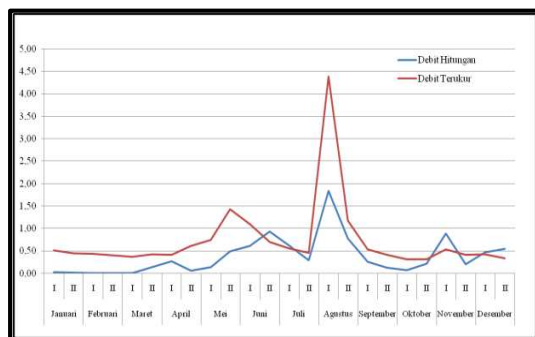
Luas DAS = 27,465 Km ²	S.M. Storage = 600 mm
Curah Hujan Rerata Tahunan = 1542,060 mm	Begin GWS = 2 mm
Koef. C = 0,2	Debit terukur = 0,50 m ³ /det
NOMINAL = 408,412 mm	Debit hitungan = 0,02 m ³ /det
PSUB (P1) = 0,5	CROPP = 1
GWF(P2) = 0,5	

Tabel 8
Perhitungan debit NRECA kalibrasi tahun 2014 Per. Jan-Mei

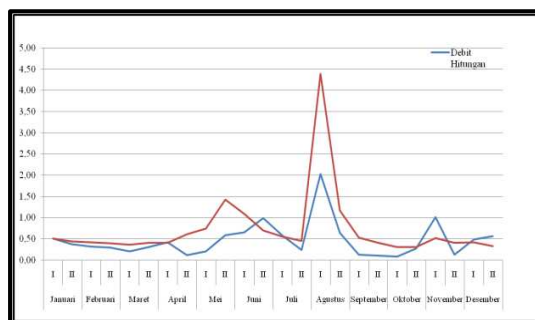
DAS Kinali	Satuan	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Jun
Step		I	II	I	II	I	II
n	hari	15	16	15	13	15	16
Rb	mm	22,30	17,30	18,90	5,70	9,70	42,80
ETP	mm	24,39	23,26	26,89	20,05	39,93	31,87
Soil Moisture Storage	mm	600,00	598,40	594,53	589,23	578,88	557,44
W1 = (4) / (Nominal)	-	1,47	1,47	1,46	1,44	1,42	1,36
Rb / ETP = (2)/(3)	-	0,91	0,74	0,70	0,28	0,24	1,34
Ratio AET/ETP	-	0,98	0,91	0,90	0,80	0,78	1,00
AET = (7) - (3)	mm	23,90	21,17	24,20	16,04	31,14	31,87
Neraca Air = (2) - (8)	mm	-1,60	-3,87	-5,30	-10,34	-10,93	18,96
Excess Moisture Ratio	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,82	0,82
Excess Moisture = (10) - (11)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	8,96	15,55
Soil Storage = (9) - (11)	mm	-1,60	-3,87	-5,30	-10,34	-10,93	18,96
Recharge GW = P1 - (11)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	1,79	3,11
Begin GW Storage	mm	120,00	96,00	76,80	61,44	49,15	39,32
End GW Storage = (13) + (14)	mm	120,00	96,00	76,80	61,44	49,15	39,32
GW Flow = P2 - (15)	mm	24,00	19,20	15,36	12,29	9,83	8,22
Direct Flow = (11) - (12)	mm	0,00	0,00	0,00	0,00	7,17	12,44
Total Flow = (17) + (16)	mm	24,00	19,20	15,36	12,29	9,83	8,22
Total Flow	m ³ /det	0,51	0,38	0,33	0,30	0,21	0,31
Debit Terukur	m ³ /det	0,50	0,44	0,42	0,40	0,36	0,41
Selish = (20) - (19)	m ³ /det	0,00	0,06	0,10	0,10	0,16	0,11

Tabel 9
Perhitungan debit NRECA kalibrasi tahun 2014 Per. Jun-Des

DAS Kinali	Satuan	Jul	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Step		I	II	I	II	I	II
n	hari	15	16	15	13	15	16
Rb	mm	48,30	20,70	132,40	60,90	6,50	5,00
ETP	mm	18,50	10,59	9,05	26,84	24,64	22,18
Soil Moisture Storage	mm	582,07	585,71	586,92	601,75	605,40	592,28
W1 = (4) / (Nominal)	-	1,43	1,43	1,44	1,47	1,48	1,45
Rb / ETP = (2)/(3)	-	2,64	1,95	14,65	2,27	0,26	0,23
Ratio AET/ETP	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,78
AET = (7) - (3)	mm	18,50	10,59	9,05	26,84	19,71	17,30
Neraca Air = (2) - (8)	mm	30,30	10,11	123,55	34,06	-13,21	-12,30
Excess Moisture Ratio	-	0,88	0,88	0,88	0,89	0,00	0,00
Excess Moisture = (10) - (11)	mm	26,66	8,90	108,72	30,31	0,00	0,00
Soil Storage = (9) - (11)	mm	3,64	1,21	14,83	3,75	-13,21	-12,30
Recharge GW = P1 - (11)	mm	5,33	1,78	21,74	6,06	0,00	0,00
Begin GW Storage	mm	25,23	24,45	20,98	34,18	32,19	25,76
End GW Storage = (13) + (14)	mm	30,56	26,23	42,73	40,24	32,19	25,76
GW Flow = P2 - (15)	mm	6,11	5,25	8,55	8,05	6,44	5,15
Direct Flow = (11) - (12)	mm	21,33	7,12	86,98	24,25	0,00	0,00
Total Flow = (17) + (16)	mm	27,44	12,36	95,52	32,30	6,44	5,15
Total Flow	m ³ /det	0,58	0,25	2,02	0,64	0,14	0,11
Debit Terukur	m ³ /det	0,55	0,46	4,38	1,17	0,53	0,41
Selish = (20) - (19)	m ³ /det	-0,03	0,21	2,36	0,53	0,40	0,30



Gambar 1
Grafik perbandingan nilai debit terukur dan debit hitungan sebelum kalibrasi



Gambar 2
Grafik perbandingan nilai debit terukur dan debit hitungan sesudah kalibrasi

Tabel 10
Perhitungan Uji Koefisien Determinasi (r²) dan Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) untuk data tahun 2014

Bulan	Per	Qo	Qp	Qo-Qp	Qo-Qp'	Qo-Qo'	Qp-Qp'	Qo-Qo')x(Qp-Qp')	Qo-Qo')x(Qp-Qp')
Jan	I	0,505	0,509	-0,004	0,000	-0,217	0,047	0,038	0,001
	II	0,439	0,381	0,058	0,003	-0,282	0,080	-0,089	0,008
Feb	I	0,425	0,326	0,099	0,010	-0,297	0,088	-0,143	0,021
	II	0,399	0,300	0,099	0,010	-0,322	0,104	-0,170	0,029
Mar	I	0,364	0,208	0,156	0,024	-0,357	0,128	-0,263	0,069
	II	0,413	0,306	0,108	0,012	-0,308	0,095	-0,165	0,027
Apr	I	0,405	0,416	-0,011	0,000	-0,317	0,100	-0,055	0,003
	II	0,611	0,122	0,488	0,239	-0,111	0,012	-0,349	0,122
Mei	I	0,740	0,215	0,525	0,276	0,019	0,000	-0,256	0,065
	II	1,422	0,586	0,837	0,700	0,701	0,491	0,115	0,103
Jun	I	1,093	0,658	0,435	0,189	0,371	0,138	0,187	0,035
	II	0,698	0,984	-0,286	0,082	-0,023	0,001	0,513	0,263
Jul	I	0,550	0,582	-0,032	0,001	-0,172	0,030	0,111	0,012
	II	0,456	0,246	0,210	0,044	-0,266	0,071	-0,225	0,051
Agus	I	4,385	2,024	2,361	5,572	3,663	13,421	1,553	2,413
	II	1,170	0,642	0,529	0,279	0,449	0,202	0,171	0,029
Sep	I	0,533	0,136	0,397	0,157	-0,188	0,035	-0,334	0,112
	II	0,410	0,109	0,300	0,090	-0,312	0,097	-0,362	0,131
Okt	I	0,308	0,087	0,221	0,049	-0,413	0,171	-0,384	0,147
	II	0,309	0,271	0,038	0,001	-0,412	0,170	-0,200	0,082
Nov	I	0,524	1,007	-0,483	0,233	-0,198	0,039	0,536	0,287
	II	0,406	0,131	0,276	0,076	-0,315	0,099	-0,340	0,116
Des	I	0,423	0,488	-0,065	0,004	-0,298	0,089	0,017	0,000
	II	0,326	0,568	-0,242	0,059	-0,396	0,157	0,097	0,009
Jumlah		17,314	11,302	6,012	8,111	0,000	15,864	0,000	4,005

Catatan : Qo = Debit Terukur ;
Qo' = Debit Terukur Rata-Rata
Qp = Debit Hitungan ;
Qp' = Debit Hitungan Rata-Rata

$$r^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (Qo - Qo') (Qp - Qp')}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Qo - Qo')^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (Qp - Qp')^2}} \right)^2 = \left(\frac{6,632}{\sqrt{15,864} \sqrt{4,005}} \right)^2 = 0,70$$

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{0,i} - Q_{p,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{0,i} - \bar{Q}_0)^2} = 1 - \frac{8,111}{15,864} = 0,489$$

Hasil uji Koefisien Determinasi menunjukkan hasil sebesar 0,70 dan nilai NSE sebesar 0,489. Karena memiliki korelasi yang sangat kuat dengan data debit terukur dan memenuhi untuk syarat NSE sehingga dapat dipercaya keakuratannya. Dengan kata lain parameter parameter DAS (PSUB, GWF, Soil Moisture Storage dan GWS) bisa digunakan untuk perhitungan debit analisis pada tahun-tahun berikutnya.

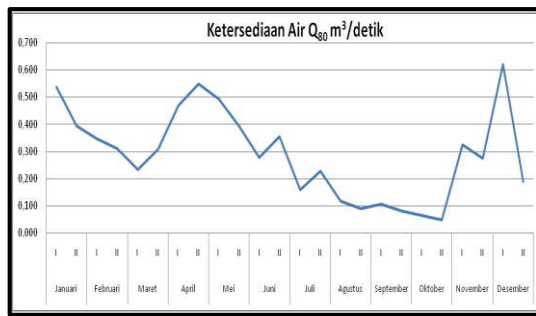
Analisis Debit Andalan

Tabel 11
Hasil Analisis Q₈₀ DAS Kinali Per. Jan-Jun (m³/det)

Q ₈₀	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
	0,537	0,393	0,347	0,311	0,233	0,308	0,468	0,549	0,492	0,394	0,276	0,354

Tabel 12
Hasil Analisis Q₈₀ DAS Kinali Per. Jul-Agust (m³/det)

Jul		Agu		Sep		Okt		Nov		Des	
I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
0,157	0,227	0,117	0,088	0,104	0,079	0,063	0,047	0,324	0,275	0,621	0,188



Gambar 3
Grafik Ketersediaan Air (Q_{80}) DAS Kinali

Analisis Kebutuhan Air Baku

Dalam menganalisis kebutuhan air baku di desa Tanoyan Selatan, perlu adanya analisis proyeksi pertumbuhan penduduk untuk 20 tahun ke depan sesuai dengan perencanaan dalam penelitian ini. Berikut tabel proyeksi jumlah penduduk dan grafiknya :

Tabel 13
Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Tanoyan Selatan berdasarkan Regresi terbaik yang di dapatkan (Ekspensial)

Tahun	X	Jumlah Penduduk (Y)
2017	7	2394
2018	8	2440
2019	9	2486
2020	10	2534
2021	11	2582
2022	12	2632
2023	13	2682
2024	14	2733
2025	15	2785
2026	16	2839
2027	17	2893
2028	18	2948
2029	19	3005
2030	20	3062
2031	21	3121
2032	22	3180
2033	23	3241
2034	24	3303
2035	25	3366
2036	26	3430

$$Y = (a.e^{b(x)})$$

$$2096,8625.e^{0,018x}$$



Gambar 4
Grafik Proyeksi Jumlah Penduduk Desa Tanoyan Selatan

Kebutuhan air total adalah kebutuhan air baik domestik, non domestik ditambah dengan kehilangan air

Berikut adalah perhitungan Q_t untuk tahun 2017 :

$$Q_t = Q_d + Q_n + Q_a$$

Tabel 14
Kebutuhan Air Total

Tahun	Kebutuhan Air Domestik (Q_d) liter/detik	Kebutuhan Air Non Domestik (Q_n) liter/detik	Kehilangan Air (Q_a) liter/detik	Debit Total (Q_t) liter/detik
2017	0,8312	0,1662	0,1995	1,1970
2018	0,8471	0,1694	0,2033	1,2199
2019	0,8633	0,1727	0,2072	1,2432
2020	0,8798	0,1760	0,2112	1,2669
2021	0,8966	0,1793	0,2152	1,2912
2022	0,9138	0,1828	0,2193	1,3158
2023	0,9312	0,1862	0,2235	1,3410
2024	0,9490	0,1898	0,2278	1,3666
2025	0,9672	0,1934	0,2321	1,3927
2026	0,9857	0,1971	0,2366	1,4193
2027	1,0045	0,2009	0,2411	1,4465
2028	1,0237	0,2047	0,2457	1,4741
2029	1,0433	0,2087	0,2504	1,5023
2030	1,0632	0,2126	0,2552	1,5310
2031	1,0835	0,2167	0,2600	1,5603
2032	1,1042	0,2208	0,2650	1,5901
2033	1,1253	0,2251	0,2701	1,6205
2034	1,1468	0,2294	0,2752	1,6514
2035	1,1687	0,2337	0,2805	1,6830
2036	1,1911	0,2382	0,2859	1,7152

Analisis Kebutuhan Irigasi

Pendayagunaan air di DAS Kinali saat ini lebih dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi yang ada. Kebutuhan air irigasi akan dihitung untuk 3 kali pola tanam dalam jangka waktu 1 tahun. Jika nanti kebutuhan air irigasi dalam jangka waktu 1 pola tanam ternyata tidak dapat terpenuhi oleh ketersediaan air yang ada, maka harus dicari alternatif sistem pola tanam yang lain.

Tabel 15
Kebutuhan Air Sawah Lahan Fungsional

Bulan / Periode	Qir
Jan I	0,479206
Jan II	0,49097
Feb I	0,129578
Feb II	0,289926
Maret I	0,314879
Maret II	0,237303
April I	0,201265
April II	0
Mei I	0,434312
Mei II	0,462127
Juni I	0,081583
Juni II	0,250267
Juli I	0,256678
Juli II	0,216894
Agust I	0,262916
Agust II	0
Sept I	0,523375
Sept II	0,513125
Okt I	0,173594
Okt II	0,350545
Nov I	0,214272
Nov II	0,225573
Des I	0,161902
Des II	0

Tabel 16
Kebutuhan Air Sawah Lahan Total

Bulan / Periode	Qir
Jan I	1,0044
Jan II	1,0291
Feb I	0,2716
Feb II	0,6077
Maret I	0,6600
Maret II	0,4974
April I	0,4219
April II	0
Mei I	0,9103
Mei II	0,9686
Juni I	0,1710
Juni II	0,5246
Juli I	0,5380
Juli II	0,4546
Agust I	0,5511
Agust II	0
Sept I	1,0970
Sept II	1,0755
Okt I	0,3639
Okt II	0,7347
Nov I	0,4491
Nov II	0,4728
Des I	0,3393
Desi II	0

Neraca Air

Setelah diperoleh ketersediaan air dan kebutuhan air di DAS Kinali, maka dapat dilihat keseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan air di Das Kinali yang disajikan dalam tabel 17 dan 18 sedangkan untuk grafik neraca air nya dapa dilihat pada gambar 5 berikut ini :

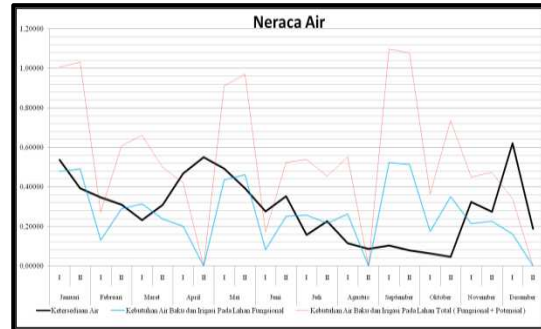
Tabel 17
Neraca Air DAS Kinali Tahun 2016 untuk Kebutuhan Air Baku dan Irigasi pada Lahan Fungsional

Bulan	Periode	Ketersediaan Air (m ³ /det)	Kebutuhan Air Bersih (m ³ /det)	Kebutuhan Irigasi (m ³ /det)	Kebutuhan Air Total (m ³ /det)	Neraca Air (m ³ /det)
Jan	I	0,53695	0,00119	0,47921	0,48040	0,0565
	II	0,39286	0,00119	0,49097	0,49216	-0,0993
Feb	I	0,34734	0,00119	0,12958	0,13077	0,2166
	II	0,31126	0,00119	0,28993	0,29112	0,0201
Mar	I	0,23331	0,00119	0,31488	0,31607	-0,0828
	II	0,30850	0,00119	0,23730	0,23849	0,0700
Apr	I	0,46820	0,00119	0,20126	0,20245	0,2657
	II	0,54905	0,00119	0,00000	0,00119	0,5479
Mei	I	0,49243	0,00119	0,43431	0,43550	0,0569
	II	0,39407	0,00119	0,46213	0,46332	-0,0692
Jun	I	0,27581	0,00119	0,08158	0,08277	0,1930
	II	0,35371	0,00119	0,25027	0,25146	0,1022
Jul	I	0,15746	0,00119	0,25668	0,25787	-0,1004
	II	0,22734	0,00119	0,21689	0,21808	0,0093
Agu	I	0,11680	0,00119	0,26292	0,26411	-0,1473
	II	0,08760	0,00119	0,00000	0,00119	0,0864
Sep	I	0,10432	0,00119	0,52337	0,52456	-0,4202
	II	0,07913	0,00119	0,51312	0,51431	-0,4352
Okt	I	0,06330	0,00119	0,17359	0,17478	-0,1115
	II	0,04701	0,00119	0,35054	0,35173	-0,3047
Nov	I	0,32393	0,00119	0,21427	0,21546	0,1085
	II	0,27486	0,00119	0,22557	0,22676	0,0481
Des	I	0,62069	0,00119	0,16190	0,16309	0,4576
	II	0,18766	0,00119	0,00000	0,00119	0,1865

Tabel 18
Neraca Air DAS Kinali Tahun 2016 untuk Kebutuhan Air Baku dan Irigasi pada Lahan Total

Bulan	Periode	Ketersediaan Air (m ³ /det)	Kebutuhan Air Bersih (m ³ /det)	Kebutuhan Irigasi (m ³ /det)	Kebutuhan Air Total (m ³ /det)	Neraca Air (m ³ /det)
Jan	I	0,53695	0,00119	1,00442	1,00561	-0,4687
	II	0,39286	0,00119	1,02907	1,03026	-0,6374
Feb	I	0,34734	0,00119	0,27160	0,27279	0,0746
	II	0,31126	0,00119	0,60769	0,60888	-0,2976
Mar	I	0,23331	0,00119	0,65999	0,66118	-0,4279
	II	0,30850	0,00119	0,49739	0,49858	-0,1901
Apr	I	0,46820	0,00119	0,42185	0,42304	0,0452
	II	0,54905	0,00119	0,00000	0,00119	0,5479

Mei	I	0,49243	0,00119	0,91032	0,91151	-0,4191
	II	0,39407	0,00119	0,96862	0,96981	-0,5757
Jun	I	0,27581	0,00119	0,17100	0,17219	0,1036
	II	0,35371	0,00119	0,52456	0,52575	-0,1720
Jul	I	0,15746	0,00119	0,53800	0,53919	-0,3817
	II	0,22734	0,00119	0,45461	0,45580	-0,2285
Agu	I	0,11680	0,00119	0,55107	0,55226	-0,4355
	II	0,08760	0,00119	0,00000	0,00119	0,0864
Sep	I	0,10432	0,00119	1,09699	1,09818	-0,9939
	II	0,07913	0,00119	1,07551	1,07670	-0,9976
Okt	I	0,06330	0,00119	0,36385	0,36504	-0,3017
	II	0,04701	0,00119	0,73474	0,73593	-0,6889
Nov	I	0,32393	0,00119	0,44911	0,45030	-0,1264
	II	0,27486	0,00119	0,47280	0,47399	-0,1991
Des	I	0,62069	0,00119	0,33935	0,34054	0,2801
	II	0,18766	0,00119	0,00000	0,00119	0,1865



Gambar 5
Grafik Neraca Air DAS Kinali Tahun 2016 untuk Lahan Fungsional dan Lahan Total

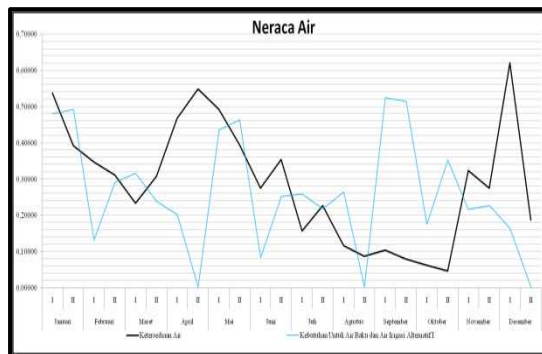
Pembahasan

- Berdasarkan analisis debit andalan Sungai Kinali diperoleh hasil sebagai berikut : 0,537 ; 0,393 ; 0,347 ; 0,311 ; 0,233 ; 0,308 ; 0,468 ; 0,549 ; 0,492 ; 0,394 ; 0,276 ; 0,354 ; 0,157 ; 0,227 ; 0,117 ; 0,088 ; 0,104 ; 0,079 ; 0,063 ; 0,047 ; 0,324 ; 0,275 ; 0,621 ; 0,188.
- Kebutuhan air irigasi di DAS Kinali dengan tiga musim tanam pada periode Januari I sampai Desember II dalam m³/detik adalah sebagai berikut : 0,479 ; 0,491 ; 0,130 ; 0,290 ; 0,315 ; 0,237 ; 0,201 ; 0,000 ; 0,434 ; 0,462 ; 0,082 ; 0,250 ; 0,257 ; 0,217 ; 0,263 ; 0,000 ; 0,523 ; 0,513 ; 0,174 ; 0,351 ; 0,214 ; 0,223 ; 0,162 ; 0,000.
- Dalam memprediksi neraca air pada periode 20 tahun ke depan dengan memperhitungkan bahwa luas lahan akibat pembangunan setiap tahunnya bertambah sebagaimana terlihat pada proyeksi pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi dan adanya penambangan rakyat di hulu Sungai Kinali sehingga mengakibatkan berkurangnya daerah resapan air, maka ketersediaan air diprediksikan berkurang 2% tiap tahunnya akibat perubahan tata guna lahan DAS Kinali. Kebutuhan air baku

dianggap bertambah berdasarkan jumlah penduduk. Untuk Daerah Fungsional diasumsikan bertambah 20 Ha setiap tahunnya berdasarkan lahan potensial yang ada, sehingga dibuatlah beberapa alternatif neraca air.

Alternatif I

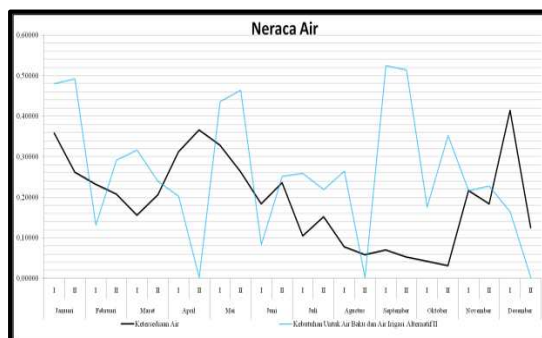
- Tidak ada penurunan debit setiap tahunnya di mana kondisi DAS harus tetap terjaga dan diperhatikan.
- Tidak ada perluasan lahan fungsional untuk irigasi.



Gambar 6
Grafik Neraca Air Tahun 2036

Alternatif II

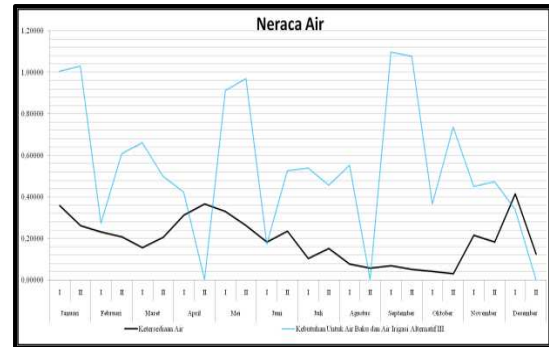
- Ada penurunan debit setiap tahunnya sebesar 2% dari tahun ke tahun.
- Tidak ada perluasan lahan fungsional untuk irigasi.



Gambar 7
Grafik Neraca Air Tahun 2036

Alternatif III

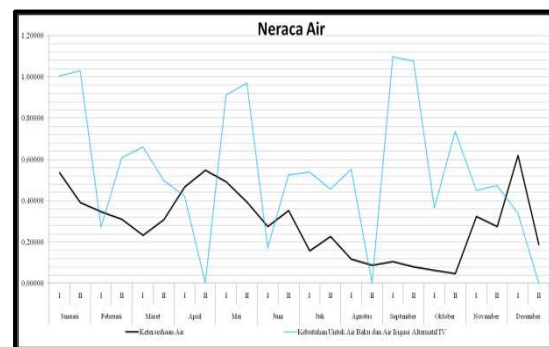
- Ada penurunan debit setiap tahunnya sebesar 2% dari tahun ke tahun.
- Ada perluasan lahan fungsional untuk irigasi sebesar 20 Ha dari tahun ke tahun hingga memenuhi luas potensial yang ada.



Gambar 8
Grafik Neraca Air Tahun 2036

Alternatif IV

- Tidak ada penurunan debit setiap tahunnya di mana kondisi DAS harus tetap terjaga dan diperhatikan.
- Ada perluasan lahan fungsional untuk irigasi sebesar 20 Ha dari tahun ke tahun hingga memenuhi luas potensial yang ada.



Gambar 9
Grafik Neraca Air Tahun 2036

PENUTUP

Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis kebutuhan air Sungai Kinali 2016 sekarang ini untuk lahan irigasi fungsional, diperoleh bahwa pada bulan-bulan tertentu terjadi defisit air yaitu pada bulan Januari II, Maret I, Mei II, Juli I, Agustus I, September dan Oktober.
2. Ketersediaan air untuk irigasi jika menggunakan seluruh lahan fungsional cukup memadai, namun apabila menggunakan seluruh lahan potensial yang ada maka ketersediaannya tidak mencukupi.
3. Ketersediaan air pada tahun 2036 untuk semua alternatif sudah tidak mampu mengairi lahan irigasi fungsional DAS Kinali serta penyediaan air bersih untuk

Desa Tanoyan Selatan di mana terjadi defisit hampir sepanjang periode tahun 2036.

Saran

1. Untuk mengatasi kekurangan air yang terjadi, maka sebaiknya tidak ada penambahan lahan irigasi fungsional dan penggunaan air untuk kebutuhan irigasi dilakukan sistem golongan. Sistem golongan tersebut dapat berupa
2. pembagian luas areal tanam (fungsional) pada daerah irigasi, di mana sebagian lahan fungsional ditanami tanaman padi dan sebagian untuk tanaman palawija pada bulan-bulan yang terjadi defisit air
2. Apabila lahan potensial dimanfaatkan untuk irigasi, perlu adanya penelitian lanjutan di DAS Kinali untuk mencari solusi mengatasi kekurangan air.

Daftar Pustaka

- Anonim, 1986. *Standar Perencanaan Irigasi – Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*, Direktur Jenderal Pengairan, Jakarta. Hal 76-83
- Anonim, 2014. *Tata Cara Perhitungan Evapotranspirasi Tanaman Acuan*, Modul Penelitian CDTA 7849-INO. Hal 8-17
- Dengo, D. F, 2016. *Analisis Neraca Air Sungai Ranowangko*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado. Hal 19-21
- Iman, M. N, 2009. *Analisa Ketersediaan Air DAS Lolak Untuk Kebutuhan Daerah Irigasi Lolak*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado. Hal 18-22
- Mayor, T.A, 2009. *Analisis Neraca Air Sungai Maen Kecamatan Likupang Timur*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado. Hal 25-28
- M.M. Purbohadiwidjoyo, 1993. *Hidrologi Teknik Edisi Keempat*, Institut Teknologi Bandung. Hal 56-67
- Rottie, R. Y., 2015. *Pengembangan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Sea Kecamatan Pineleng Kabupaten Minahasa*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, 11-15
- Soemarto, 1995. *Hidrologi Teknik*, Erlangga, Jakarta. Hal 34-39
- Sumarauw, J. S. F, 2014. *Bahan Ajar Model Rainfall-Runoff Nreca*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado. Hal 1-12